补强思想方法培育短板，提升实验教学育人效能

刘玲丽[1,†]　陈　征[2]

（1　北京科技创新促进中心　文化科技与科普工作部　北京　100142）

（2　北京交通大学物理科学与工程学院　北京　100044）

2025－05－29收到

† email：414875647@qq.com

DOI：10.7693/wl20250712

CSTR：32040.14.wl20250712

1　引言

在信息技术、互联网、人工智能等浪潮的鼓荡下，人类文明前所未有地从信息匮乏来到了信息过剩的时代。与此同时，我国在经历了几十年的快速发展后，科技发展模式也从“学习消化”进入了“高水平科技自立自强”的全新时期[1]。新的时代特征和国家需求都强烈要求当前的人才培养要彻底扭转“教知识、学知识、背知识、考知识”的应试模式，从教学生“高效掌握已知”变为帮学生“学会探索未知”，让学生有能力在“两有三无”(即有限时间、有限资源，无标准答案、无现成范式、无最优解法的真实情境)的情况下解决现实问题。

2　实验教学是创新能力培养的第一阵地

“从实践中来，到实践中去”是马克思主义认识论的基本观点。以此审视物理学的建立过程：从实验探究数据的积累开始，然后通过归纳或演绎形成理论，再将理论付之实验验证，在一次又一次“实践—理论—实践”的迭代过程中去伪存真，最终构成辉煌的人类智慧大厦。学习物理同样是“实践—理论—实践”的基本模式：先通过实践体验建立感性认识，然后通过理论学习形成知识体系，再将知识体系运用到实际的科学研究或工程实践中去，最终内化形成创新能力。当前的物理教育中，实践环节主要通过物理实验承载，因此物理实验教学是最核心、最重要的培养方式，是学生创新能力培养的第一阵地。

当前，中学到大学课堂的物理实验教学主要有两种基本形式：一是承担兴趣激发、感官经验建立功能的演示实验(或称表演实验)；二是承担基本实验方法和技能训练功能的分组实验(或称定量实验)。初高中阶段，演示实验和分组实验主要作为理论课程中的教学环节出现，虽然各个版本的教材略有不同，但均设计了数十个必做的演示实验和分组实验。到了大学阶段，分组实验通常以与理论课平行的专门必修课——大学物理实验的形式开展，演示实验则各有不同，以随堂或专门演示实验室教学的方式作为理论课或实验课的教学环节出现[2]。

图1　演示实验(左)和分组实验(右)实验室

这些实验教学内容在学生习得基础知识和实验方法技能方面的确发挥了一定作用，但距担负起创新能力培养第一阵地的责任还有一定距离。据笔者团队的调研，中学物理实验教学虽然设计了探究型实验，但实际实施时往往成为按照规定的实验步骤按部就班的技能学习；大学物理实验则存在对实验操作、数据采集、数据处理等技能和方法做了大量训练，却对如何将习得技能运用到现实场景中(包括思路、原则、方法)引导普遍不足的问题。

3　在实验教学中加强思想方法培育

本刊“物理思想进课堂”专栏已有数篇文章论述思想方法对物理教育的重要性[3]，物理实验教学当然不能除外。特别是当前蓬勃发展的短视频，让简单现象呈现式的演示实验吸引力明显减弱，新兴学科、交叉学科的层出不穷也让学生对几十年不变的经典物理实验的兴

表1　通用探究平台型物理教学实验室方案的设备和环境条件

设备种类	通用设备和环境条件
实验室基础装备	包括电子屏、实物投影、计算机等基本配置和上下水、气路、通风等可选配置，为实验教学提供基础条件
样品制备器材	包括螺丝刀、钳子、扳手等基本钳工工具，台钳、手锯等机械加工工具，测电笔、电烙铁等基本电工工具，有条件的还可以配备3D打印机、激光切割机等装备，为各类样品制备提供条件
装置搭建器材	包括直线导轨、旋转平台、电磁铁、光学反射镜、透射镜等基本功能元件和铁架台、铝型材、光具座、光学平台等支撑结构材料，可以用于力热声光电各种实验所需的装置搭建
环境调控设备	包括真空罩、恒温箱、光学暗箱、小型风洞等环境条件控制设备，为各类探究实验提供气压、温度、光照、气流环境
观测表征设备	包括万用表、示波器、信号发生器、照度计、声级计、光谱仪、天平、测温仪等仪器仪表，也可包括利用开源硬件和各类传感器自己搭建的数字化实验装置，甚至可以利用手机传感器和相关应用软件进行观测表征

趣越来越低，实验课上学生的积极性和认真程度均有明显的下降趋势。只有以思想方法为抓手，更新实验教学的形式和内容，才可能提高学生获得感，达成实现创新能力培养的目标。

有一些可行的办法供参考：

对演示实验，一方面可以“还原认知过程”，结合科学史把各个演示实验的现象散点嵌入物理学发展演变的历史脉络中，让学生不是简单“看热闹”，而是通过一个个现象了解今天我们所学的知识是依据什么思路、方法、原则来构建和完善的。例如，对于小孔成像、反射、折射、干涉、衍射、偏振、激光等一系列光学演示实验，可以依光学史的脉络将其作为射线说、微粒说、波动说直至波粒二象性等人类对光认知演变中的一个个具体实例。把散点式的现象呈现融入故事“穿珠成串”，就能让学生在对各个现象建立感官经验的同时，了解物理学从原始粗糙到精致严密的发展过程。在面对全新问题时，学生才可能通过参考、移植前人的思路、原则、方法来构建自己的认知，解决现实问题。另一方面还可以“还原应用场景”，用各种实际应用场景组织内容，把现象、规律的具体应用路径呈现出来，让学生知道所学的东西有什么用、能怎么用。例如手持激光测距仪、激光干涉测距仪和激光雷达等产品解决了不同环境、量程、精度要求下的测距问题乃至二维、三维场景重构问题，而它们其实就是基于我们非常熟悉的光的折射、干涉、光脉冲飞行时间(TOF)等现象。

对定量实验，则可以在学生学会基本仪器仪表使用、数据采集和处理方法的前提下，适当减少。虽然学科主题不同，但在具体实验技能、方法、训练目标相似的经典物理实验课上，可以将这些课时调整给学生的创新思路和方法的内容。在这方面，近些年已有一些高校开设了明确任务目标，保证提供的仪器设备能支持以多个技术路线，由学生自己设计实验方案达成目标的设计性实验课程，这是一种很好的尝试。在此基础上，还可以参考国际青年物理学术竞赛(IYPT)等优质的探究题目，为学生进一步开设接近真实科研或工程场景的项目式探究实验，让学生接近真实探究过程地解决“两有三无”问题。从近年来国内大学、高中采用IYPT题目开展的活动来看，这一方式能够十分显著地提升学生的创新能力。

4　为思想方法培育打造专门的实验教学平台

目前大、中学实验室的配备普遍存在专用化且集成度高的情况，导致学生在一个实验中习得的技能和方法常常不能顺利移植到别处，也难以支撑前述的接近真实科研或工程场景的项目式探究实验。笔者团队通过对IYPT、北京市物理实验竞赛、光电设计大赛、青少年创新大赛、宋庆龄发明奖等大中学生创新活动内容进行系统梳理，与真实的科学研究探索过程进行对照，再以还原论的基本思维范式进行分析，发现大多数的探究过程可以分解成四个环节：一是样品制备；二是装置搭建；三是环境调控；四是观测表征，其中每个环节的仪器设备往往可以支撑多个不同主题的研究任务。例如，一台3D打印机既可以为流体实验制造不同的气动外形结构，也可以为软物质实验制作不同形貌的基本颗粒；对直线导轨、旋转平台等进行组合，就可以搭建各种运动机构；一个加热平台既可以为光纤温度传感器提供测试环境，也可以为材料膨胀系数的测量提供条件；万用表、示波器、风速计、特斯拉计等仪表和多种多样的基于开源硬件的数字化传感器甚至手机传感器就可以覆盖大多数的测量任务。

基于以上分析，笔者团队提出了一种通用探究平台型的物理教学实验室方案，此种实验室不再按照学科主题或知识点配备，而是按照科学研究环节配备必要的通用设备

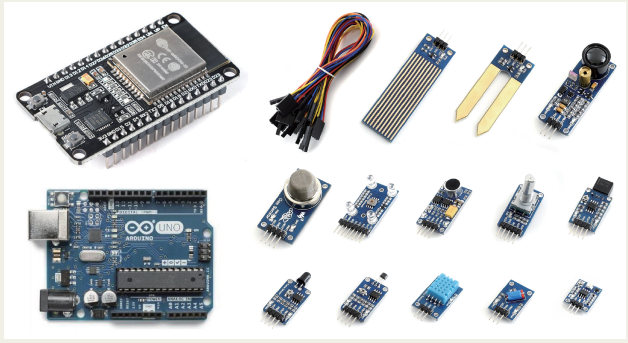

图2　价格便宜、功能丰富的开源硬件和各类传感器

和环境条件，通过设备的各种组合支撑各种具体的探索项目，如表1所示。

不同学段的实验室会有不同的基础配置，每个学段的基础配置均足以支撑该学段的大多数探究活动。同时还可以根据学校的优势特色、发展方向等进行灵活选配，为学生提供更丰富和深入的探索支撑。根据这一思路编制的小学科学探究实验室和初中物理探究实验室基础版在2023年已被《北京市义务教育阶段“科学探索实验室”建设指南》采用，大学版也在北京交通大学物理国家级实验教学示范中心试点运行一年，明显提高了学生探究活动的效率。

5　结语

物理学是自然科学中的基础学科，物理教育在科学教育工作中常常扮演着提供核心内容、基本范式、思想方法等的重要角色。因此，在全新的历史阶段，与时俱进地革新教育理念，优化教学模式，为学生创新能力培养趟出一条高效路径，是当代物理教育工作者的重要使命。在实验教学中强化思想方法，是提高学生创新能力，提升实验教学乃至物理教育育人效能的有效途径，还需要所有同仁群策群力，广泛交流，不断探索，才能让我们的教学工作跟上时代步伐，满足国家发展和学生成长的迫切需求。

参考文献

[1] 习近平. 求知,2022,(05):4
[2] 吕刚,张红,高峰 等. 大学物理实验,2020,33(03):114
[3] 魏红祥,陈征,张玉峰 等. 物理,2021,50(12):853

读者和编者

订阅《物理》得好礼

——超值回馈《岁月有情—<物理>50周年纪念本》

为答谢广大读者长期以来的关爱和支持，《物理》编辑部特推出优惠订阅活动：凡直接向编辑部连续订阅2年《物理》杂志，将获赠《岁月有情—<物理>50周年纪念本》。内有自1972年至2022年《物理》发表的50篇精选文章信息，扫描对应的二维码，可重温经典之作，感悟物理科学的真谛，领略学科大家的风采。

希望读者们爱上《物理》！

订阅方式(编辑部直接订阅优惠价180元/年)

(1) 邮局汇款

收款人地址：北京市中关村南三街8号
中国科学院物理研究所，100190

收款人姓名：《物理》编辑部

(2) 银行汇款

开户行：农行北京科院南路支行
户　名：中国科学院物理研究所
帐　号：11 250 1010 4000 5699
(请注明《物理》编辑部)

咨询电话：010-82649029；82649277

Email：physics@iphy.ac.cn

PHYSIKE
Focus on Scientific Instruments

CryoM®

干式变温超导磁体系统

CryoM® 干式变温超导磁体系统仅使用一个4K脉管制冷机或GM制冷机冷却超导磁体和变温插件，具有**操作简单**、**运行成本低**和**功能扩展性强**等特点，是科研用户理想的低温强磁场实验平台。

标准*CryoM*® 集成9T螺旋管超导磁体，内径是51mm，静态氦气环境，变温范围：<1.45K-300K，标配四象限双极性超导电源、四通道高精度控温仪、八通道温度指示器、冷头悬浮减震和自恒压循环气路，标准电学测试样品杆集成多针真空贯穿、16pin puck样品托、低温双绞测试线和低磁阻校准型温度计(校准范围：1K-325K)。可选配12T/14T/16T螺旋管超导磁体、带光学窗的分离线圈对超导磁体和矢量超导磁体等。

典型技术参数

冷头类型	阀体分离脉管或GM制冷机	**磁场强度**	±9T (螺旋管)
样品管内径	51mm	**典型励磁时间**	≤20分钟
初始降温时间	<15小时(阀体分离脉管机) <18小时(GM制冷机)	**标称变温范围**	<1.45K-300K
温度稳定性	±10mK(1.5K-20K), ±15mK(20K-300K)	**样品环境**	静态氦气

选 配

磁体	样品杆	插件	组件
12T/14T/16T螺旋管超导磁体	单轴/双轴样品杆	稀释制冷机插件	超低震动组件
带水平光学窗的分离线圈对超导磁体	光学样品杆	AC磁化率插件	多针/SMA/BNC/光纤等真空贯穿
三轴矢量磁体（如9/1/1或9/2/2）	He-3插件	热学测试插件	双绞/柔性同轴/半钢缆/三同轴/光纤

北京飞斯科科技有限公司 Physike Technology Co., Ltd.

地址：北京市海淀区安宁庄东路18号19号楼一层
电话：010 - 6216 6302 / 010 - 8236 7826
邮箱：sales@physike.com
网址：www.physike.com